

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE: BASISPRINCIPES

LENTE 2022

Hoe ventileren?

Voorstelling van de verschillende systemen en van hun
voor- en nadelen

Julie RENAUX

écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



- ▶ Een overzicht geven van de energetische uitdagingen van de ventilatie
- ▶ Voorstelling van de basisprincipes, van de 4 mogelijke ventilatiesystemen en hun uitvoeringen, en van de voor- en nadelen ervan



INLEIDING

► **Uitdagingen**

- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

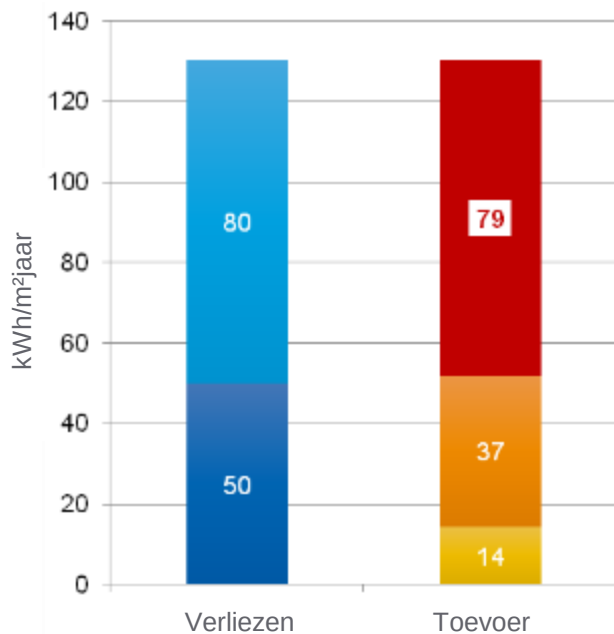
HET NET

- Centralisatie/decentralisatie
- Regeling



De warmteverliezen beperken (gecontroleerde ventilatie)

- Energiebalans: invloed van het ventilatiesysteem op de verwarmingsbehoefte



Balans gebouw "RODE DRAAD"

Geïsoleerde gebouwschil + Enkele stroom

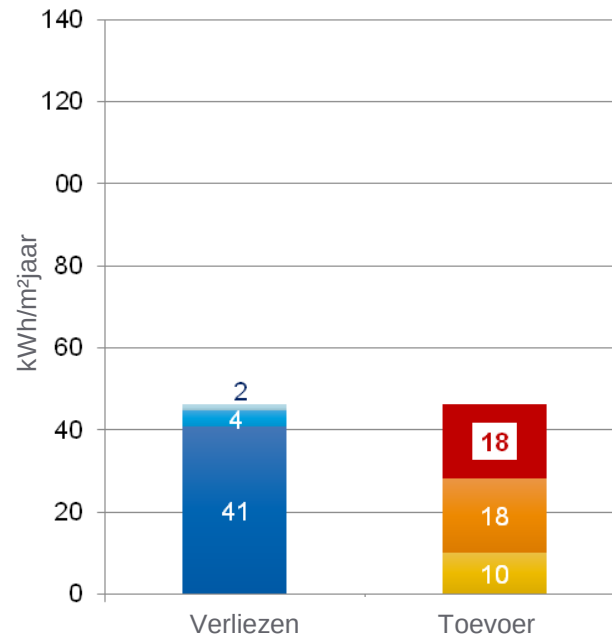
$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: **systeem C ongereguleerd**

$$(f_{\text{réduc}} = 1)$$

$$\text{Dichtheid } (v_{50}) = 12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$



Balans gebouw "RODE DRAAD"

Geïsoleerde gebouwschil + dichtheid V2

+ dubbele stroom

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: **systeem D met warmteterugwinning**

$$\text{Dichtheid } v_{50} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

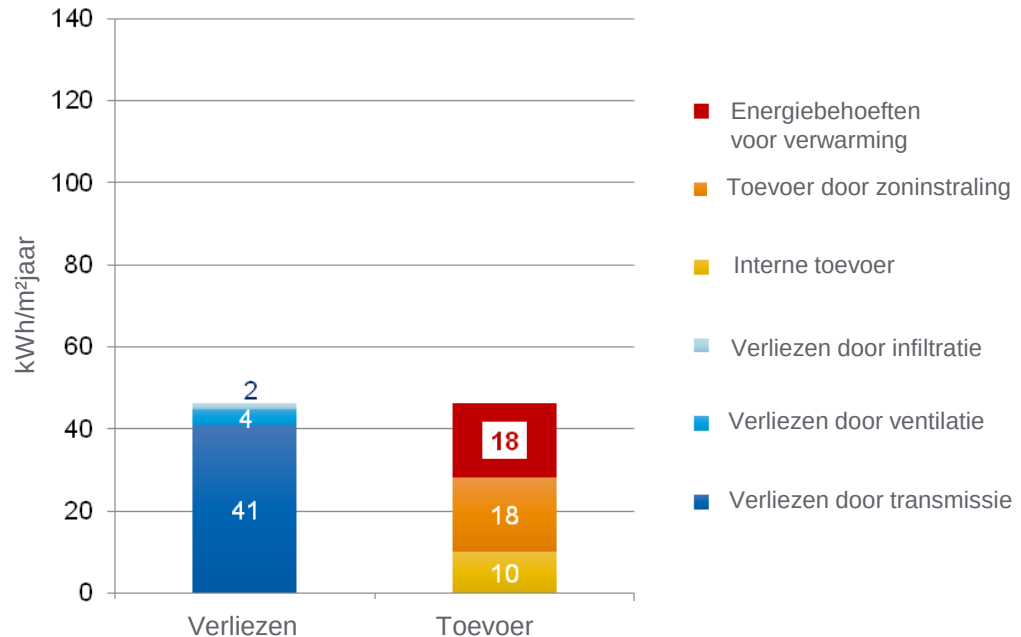
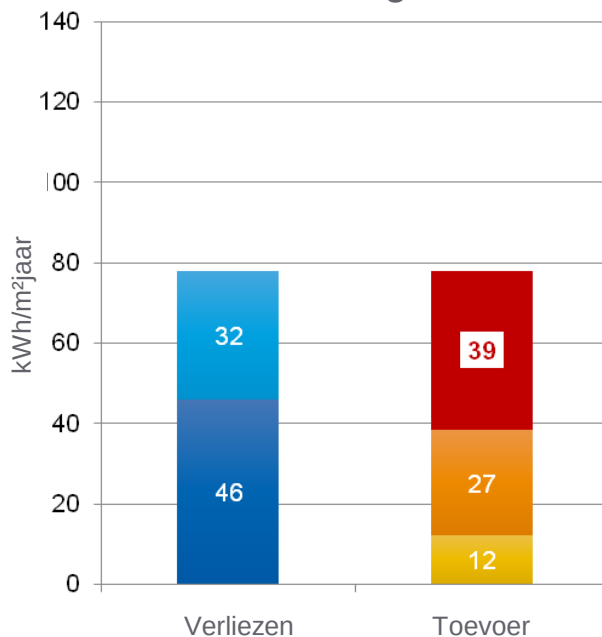
$$n_{50} = 0,6 \text{ vol/h}$$

- Energiebehoefte voor verwarming
- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer
- Verliezen door infiltratie
- Verliezen door ventilatie
- Verliezen door transmissie

Bron: écorce

De warmteverliezen beperken (gecontroleerde ventilatie)

- Energiebalans: invloed van het ventilatiesysteem op de verwarmingsbehoefte



Balans gebouw "RODE DRAAD"

Geïsoleerde gebouwschil + Enkele stroom

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: systeem C gereguleerd

$$(f_{\text{réduc}} = 0,43)$$

$$\text{Dichtheid } (v_{50}) = 12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

Balans gebouw "RODE DRAAD"

Geïsoleerde gebouwschil + dichtheid V2

+ dubbele stroom

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: systeem D met warmteterugwinning

$$\text{Dichtheid } v_{50} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

$$n_{50} = 0,6 \text{ vol/h}$$

Bron: écorce



INLEIDING

- Uitdagingen
- **Ongunstige opties**
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET NET

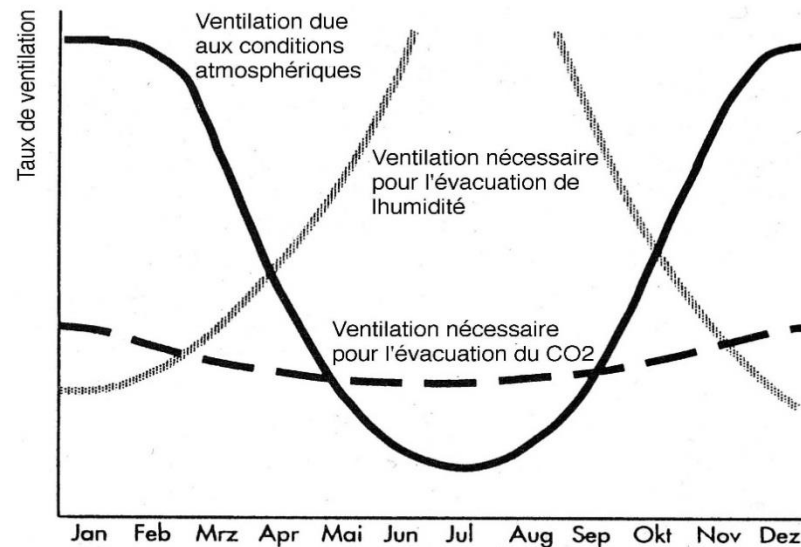
- Centralisatie/decentralisatie
- Regeling



Rekenen op de slechte luchtdichtheid van de gebouwschil



- ▶ Non-conform (EPB-regelgeving)
- ▶ Te wisselvallig: afhankelijk van de weersomstandigheden (windsnelheid en temperatuur)
- ▶ Debieten zijn meestal ontoereikend
- ▶ Impact op het verbruik en het comfort



Ventileren door de vensters te openen



- ▶ Non-conform (EPB-regelgeving), behalve bij intensieve ventilatie
- ▶ Actie van de mens
- ▶ Te grote en niet-continue debieten
- ▶ Impact op het verbruik en het comfort
- ▶ Verhoogd inbraakrisico
- ▶ Eventueel binnendringen van insecten en regen

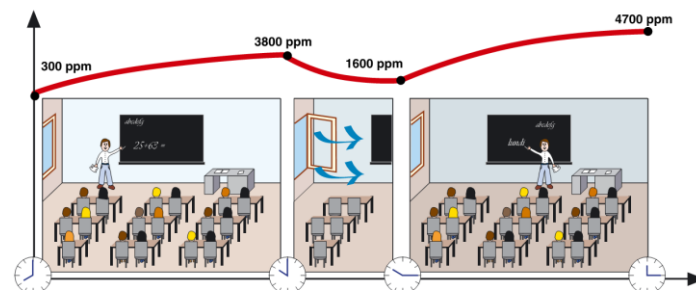
⇒ **Gebouw met hoge prestaties**
 ≠ **bouw zonder opengaande vensters**

NBN
13779 (2007)

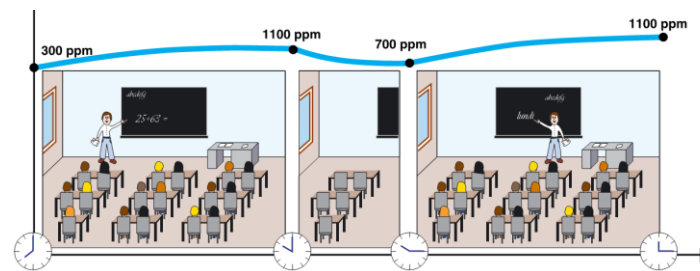
Tableau A.10 — Niveaux de CO₂ dans les pièces

Catégorie	Niveau de CO ₂ au dessus du niveau de l'air neuf en ppm _x	
	Plage type	Valeur par défaut
INT 1	≤ 400	350
INT 2	400 – 600	500
INT 3	600 – 1 000	800
INT 4	> 1 000	1 200

Voorbeeld van evolutie van CO₂-concentratie:
 Klas van 25 leerlingen, 2 uur les -> 15 min pauze -> 2 uur les



'zonder ventilatie': infiltratie 0,2 vol/u (pauze 4 vol/u)



'met ventilatie': 18 m²/u.pers -> 2,6 vol/u (permanent)

Bron: CETIAT



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- **Basisprincipes**

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET NET

- Centralisatie/decentralisatie
- Regeling



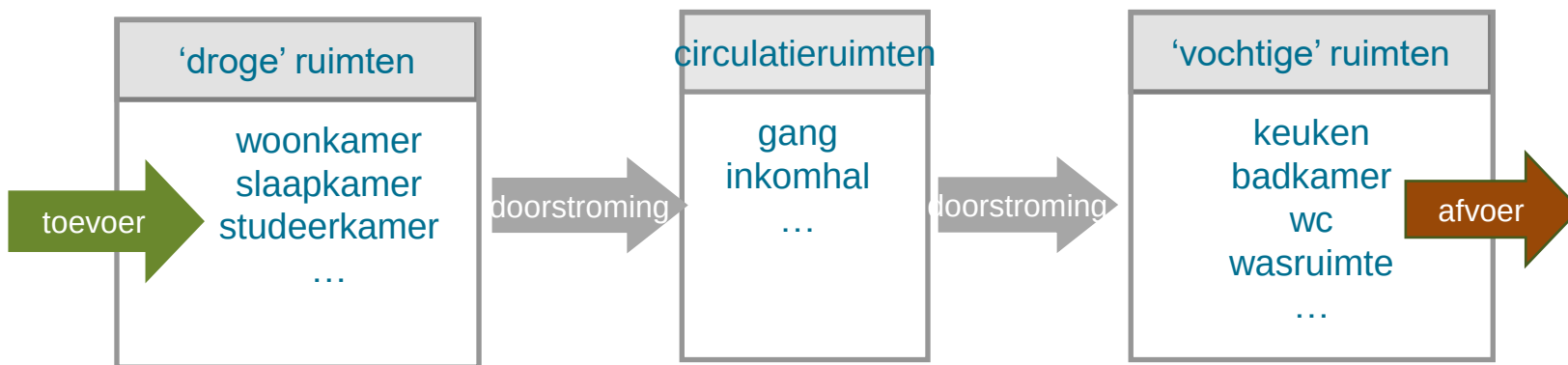
Ideaal systeem

Toevoer en afvoer van lucht in elke ruimte

- ▶ Zeer zeldzaam (technisch ingewikkeld en duur)

Vereenvoudigd systeem (residentieel schema)

- ▶ Toevoer in de 'droge' ruimten
- ▶ Doorstroming via de circulatiezones
- ▶ Afvoer uit de 'vochtige' ruimten



Gebalanceerde debieten

Geen luchtophoping in het gebouw

- ▶ Geen toevoer zonder afvoer
- ▶ Geen afvoer zonder toevoer
 - In het hele gebouw
 - In elke ruimte



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

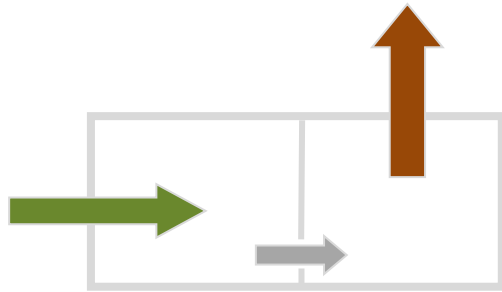
- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET NET

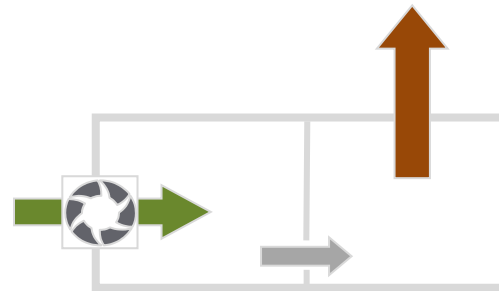
- Centralisatie/decentralisatie
- Regeling



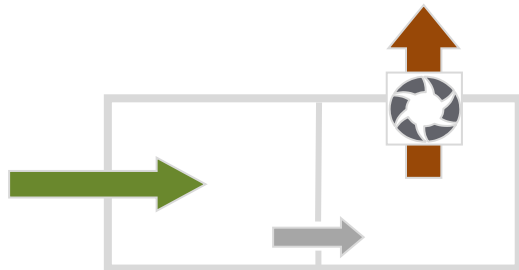
- A.** natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



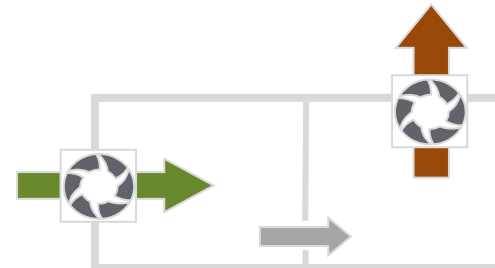
- B.** mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C.** natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

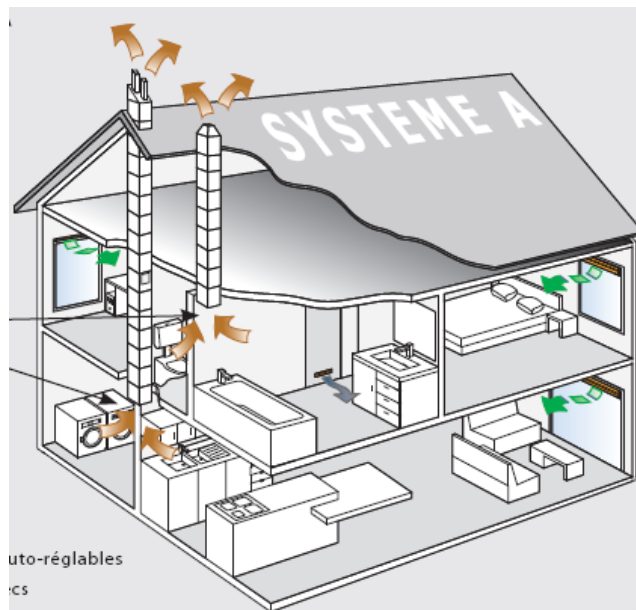


- D.** mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



Systeem A: natuurlijke toevoer & natuurlijke afvoer

- ▶ Toevoer: instelbare roosters
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: instelbare roosters aan begin van verticale kanalen



Bron: Renson



► Voor- en nadelen

+	-
• Niet duur • Geen elektriciteitsverbruik • Weinig onderhoud • Regeling rooster per rooster	• Geen debietcontrole • Complexiteit van de realisatie van de verticale kanalen en hoogte van de uitlaten • Manuele regeling, rooster per rooster • (Filteren van de toegevoerde lucht) • (Buitengeluiden) • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort • Gelijmatige verdeling van de toegevoerde lucht minder goed verzekerd (centrale ruimte)



Systeem B: mechanische toevoer & natuurlijke afvoer

- ▶ Toevoer: ventilator(en)
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: instelbare roosters aan begin van verticale kanalen



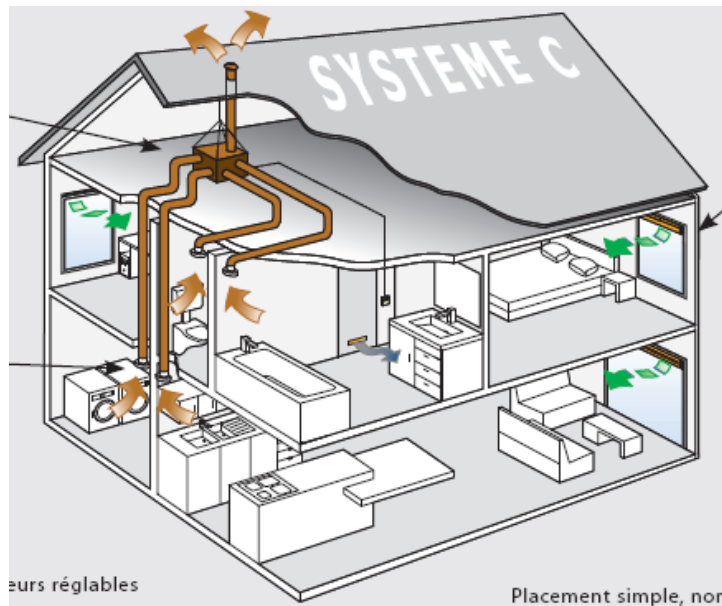
► Voor- en nadelen

+	-
• Goede verdeling van de verse lucht en controle van de debieten ervan • Vermindering van het risico van terugslag en infiltratie • Mogelijkheid van filtering van de toegevoerde lucht (algemeen) • Mogelijkheid van voorverwarming van de toegevoerde lucht	• Elektriciteitsverbruik • Onderhoud vereist • Bevordering van overdracht van vochtige lucht aan de wanden (gebouw in overdruk) • Geen controle over de afvoerluchtdebieten en geringe afvoerefficiëntie • Complexiteit van de realisatie van de verticale kanalen en hoogte van de uitlaten • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort



Systeem C: natuurlijke toevoer & mechanische afvoer

- ▶ Toevoer: regelbare roosters
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: ventilator(en)



Bron: Renson



► Voor- en nadelen

+	-
• Controle van de afvoerluchtdebieten (en in mindere mate van de toevoerluchtdebieten) • Gebouw in onderdruk • Flexibele realisatie van de afzuiging • Mogelijkheid van regeling van de luchtafzuiging volgens kwaliteit en/of aanwezigheid (C+) • Voordeliger in gebruik dan systeem D • Energierecuperatie uit vervuilde lucht mogelijk (met warmtepomp)	• Elektriciteitsverbruik • Regelmatig onderhoud • Manuele regeling, rooster per rooster • (Filteren van de toegevoerde lucht) • (Buitengeluiden) • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort • Appartementengebouwen: risico van drukonevenwicht tussen woningen • Gelijkmatige verdeling van de toegevoerde lucht minder goed verzekerd (centrale ruimte)



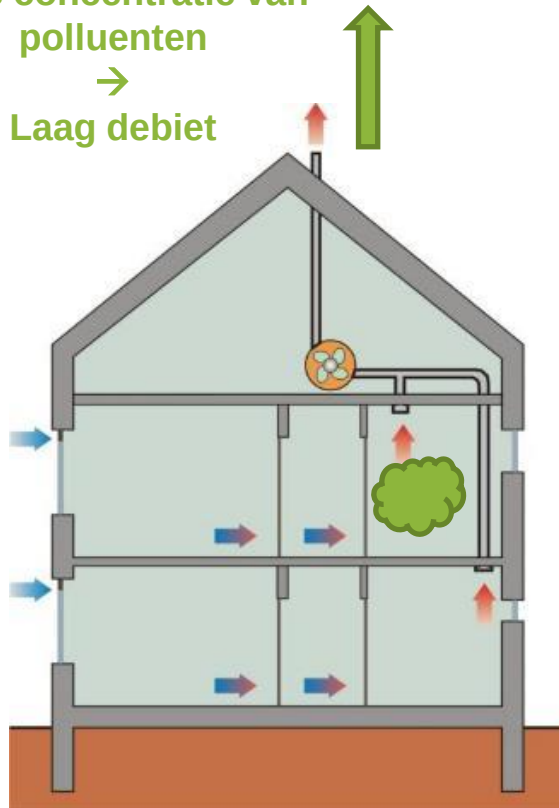
Geregeld systeem C (“C+”)

- ▶ Regeling naargelang van de sensoren (HR, CO₂, COV, aanwezigheid)
- ▶ Vermindering van verliezen en verbruik

Lage concentratie van
polluenten



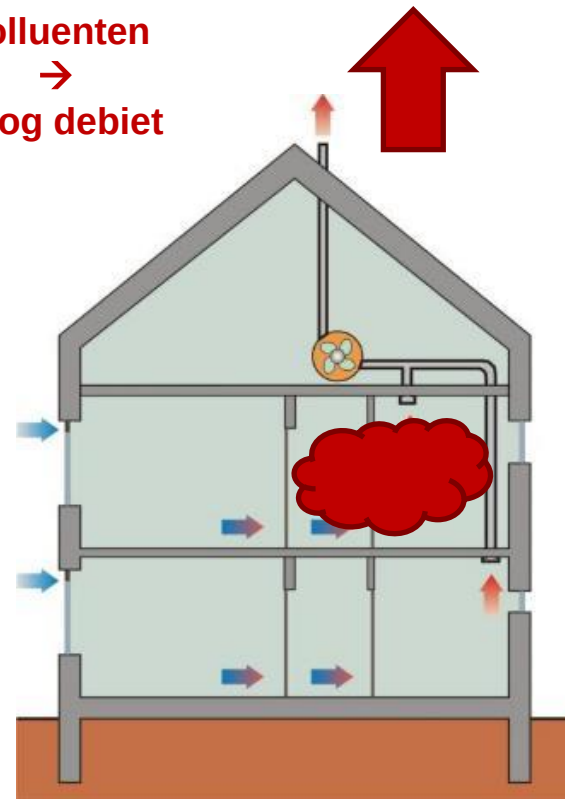
Laag debiet



Hoge concentratie van
polluenten



Hoog debiet



Geregeld systeem C (“C+”)

- ▶ Principe
 - Regeling van het extractiedebiet volgens bezetting
 - Badkamer, wasplaats: vochtdetectie
 - Toiletten: vochtdetectie
 - Keuken: vochtdetectie + bewegingsdetectie
 - De sensoren regelen de luchttoevoer niet

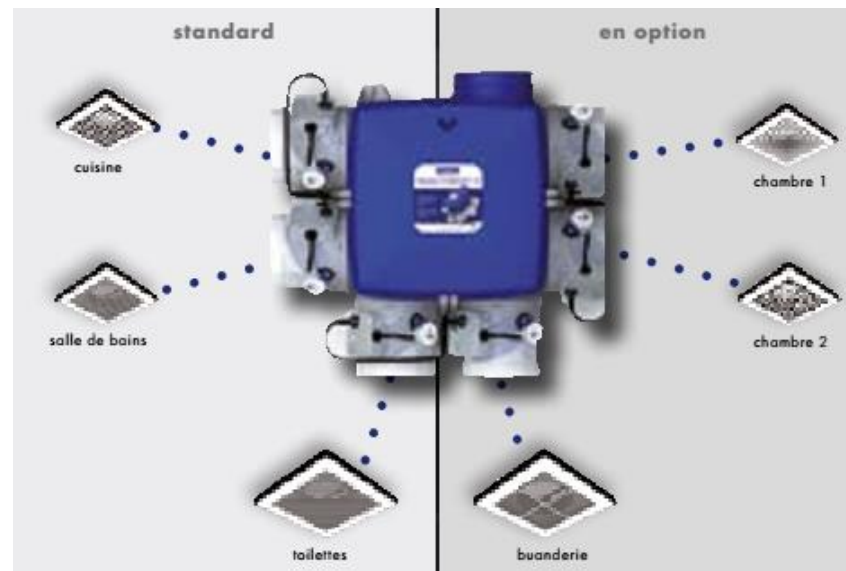


Bron: Renson



Geregeld systeem C (“C+”)

- ▶ Beperkt
 - Het luchtdebiet wordt geregeld op basis van de bezetting in de vochtige vertrekken. ‘s Nachts is het luchtdebiet minimaal, zodat de luchtkwaliteit in de slaapkamers niet noodzakelijk gegarandeerd is.
- ▶ Verbetering is mogelijk
 - Bijkomende luchtafzuiging in de slaapkamers.

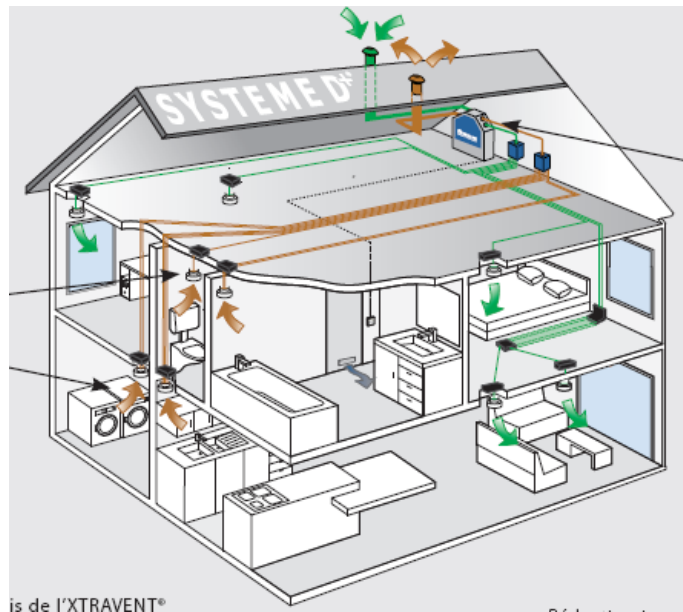


Bron: Renson



Systeem D: mechanische ventilatie met dubbele stroom

- ▶ Toevoer: ventilator(en)
- ▶ Doorstroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: ventilator(en)



Bron: Renson



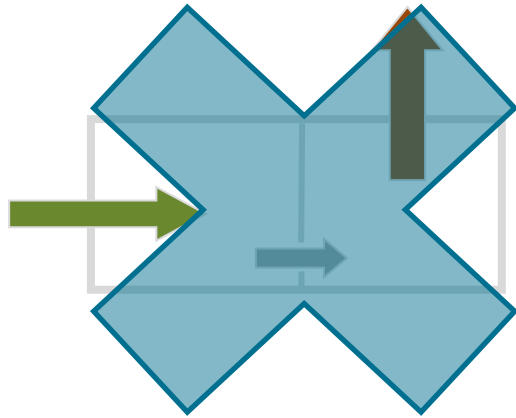
► Voor- en nadelen

+	-
• Controle van de debieten (onafhankelijkheid van de weersomstandigheden en mogelijke regeling) • ‘Voorverwarmde’ toegevoerde lucht = energierugwinning (positieve balans ‘energieverbruik <> vermindering van de behoeften’) en comfort • Geen overdracht van buitengeluiden • Filtering van de verse buitenlucht (globale filtering)	• Elektriciteitsverbruik • Regelmatig onderhoud • Kosten (die van systeem C niet gelijk aan nul) • Plaatsruimte van de kanalen en de groep (soms complex bij renovatie)

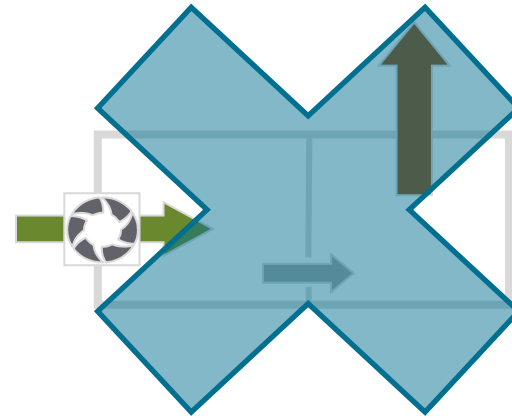


Op het vlak van de energie

- A.** natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



- B.** mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C.** natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

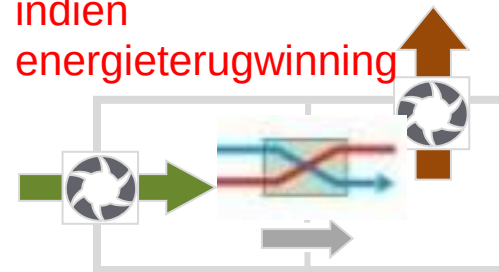


~ OK voor LAGE ENERGIE / RENOVATIE

- D.** mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



indien
energieterugwinning

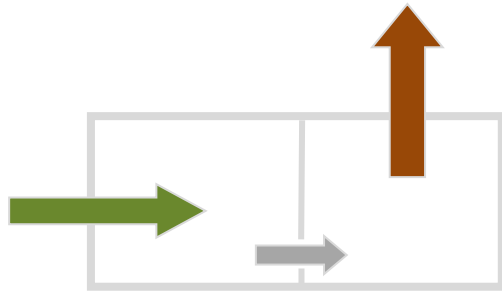


OK voor PASSIEF en LAGE ENERGIE



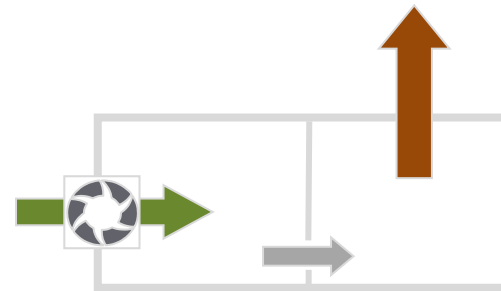
Op het vlak van het ademhalingscomfort (luchtkwaliteit)

- A. natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer

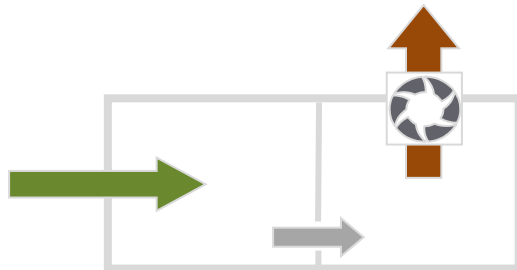


⚠ Complexiteit van de realisatie

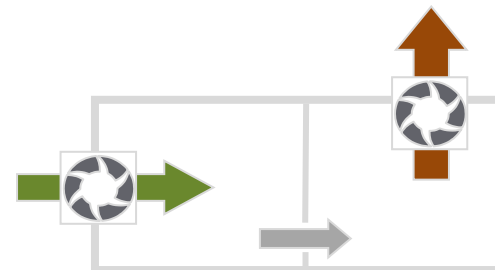
- B. mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C. natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

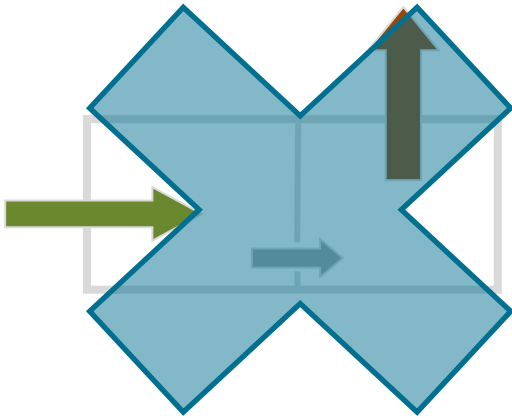


- D. mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



Op het vlak van het thermische comfort (winter)

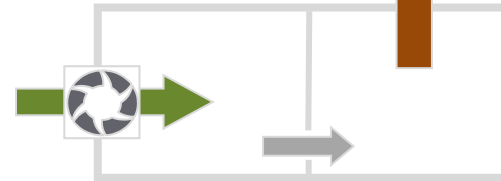
- A. natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



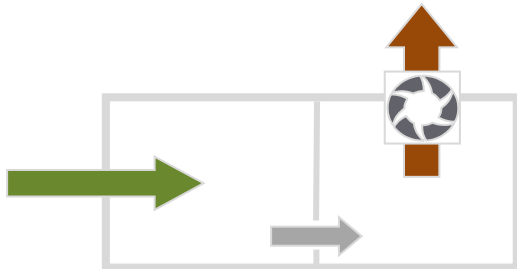
- B. mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



indien voorverwarmen,
maar energiegebruik



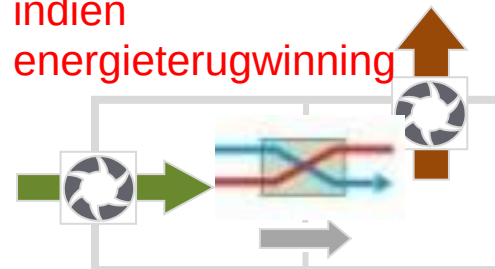
- C. natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer



- D. mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



indien
energieterugwinning



Andere criteria

- ▶ Afvoer van de vochtigheid > systemen C en D zijn de efficiëntste
- ▶ Configuratie van de ruimten <> plaatsruimte van de installatie
- ▶ Installatiekosten <> exploitatiekosten
- ▶ Bestemming
- ▶ Eventuele behoefte aan behandeling van de verse buitenlucht
- ▶ Eventuele behoefte aan filtering van de verse buitenlucht
- ▶ EPB-reglementering (ventilatie <> isolatie)
- ▶ Ventilatie <> luchtdichtheid



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- **Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen**
- Warmteterugwinning

HET NET

- Centralisatie/decentralisatie
- Regeling



Luchttoevoeropening

- ... mechanisch



Muurventilator

Bron: Helios



Ventilator in beglazing

Bron:

- ... regelbaar



Ventilatiekast

Bron: Renson



Schuifrooster

Bron: Renson



Doorstroomopening

- ▶ Spleet onder de deur
- ▶ Roosters



Muurrooster
Bron: WTCB



Akoestische deurroosters
Bron: Renson



Luchtafvoeropening

► ...mechanisch



Lokale afzuigventilator
Bron: Soler & Palau



Kanaalventilator
Bron: Soler & Palau

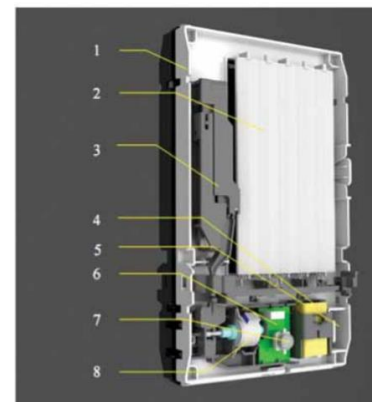


Raamventilator
Bron: Soler & Palau

► ...regelbaar



Rooster met manuele regeling
Bron: Renson



Rooster met automatische regeling
Bron: Schiedel

- 1 dos
- 2 volets (shutters)
- 3 détecteur de l'humidité
- 4 batterie
- 5 tranchée pour l'électricité
- 6 PCB
- 7 détecteur de présence
- 8 moteur



Dubbelstroomgroep

- Eengezinswoning



- $\dot{V} \rightarrow 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\eta_{\text{warmtewisselaar}} = 85 \%$

- Tertiair gebouw, gecentraliseerde woning, enz.



- $\dot{V} = 1200-27000 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\eta_{\text{warmtewisselaar}} = 75 \%$



Distributie

► Kanalen



Verzinkt staal



Polypropyleen



Soepele aluminiumkanalen



Kanalen in textiel (enkel inblazing)



Distributie

► Toebehoren



Ronde geluiddemper
Bron: Trox



Coulissengeluiddemper
Bron: Trox



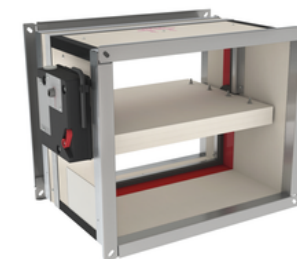
Flexibele geluiddemper
Bron: Lindab



Regelkleppen
Bron: Energie +



Brandkleppen
Bron: RFT



INLEIDING

- ▶ Uitdagingen
- ▶ Ongunstige opties
- ▶ Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- ▶ Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- ▶ **Warmteterugwinning op de afvoerlucht**

HET NET

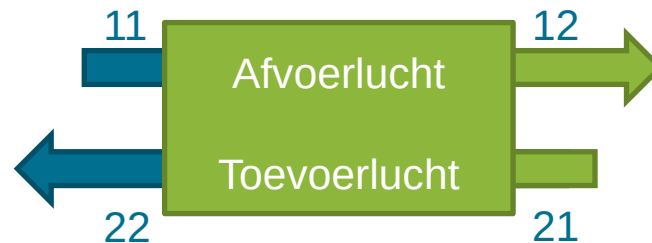
- ▶ Centralisatie/decentralisatie
- ▶ Regeling



Verliezen door hygiënische ventilatie

$$P [W] = 0,34 \cdot q_v \left[\frac{m^3}{h} \right] \cdot (T_{int} - T_{puls}) [K]$$

- Een warmtewisselaar laat toe een deel van de energie uit de afgevoerde lucht terug te winnen om deze aan de verse buitenlucht af te geven



- De doeltreffendheid ervan wordt als volgt uitgedrukt (NBN EN 308)

η = rendement

t = temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]

x = absolute vochtigheid

[$\text{kg}_{\text{water}}/\text{kg}_{\text{droge lucht}}$]

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \Rightarrow \text{Voor de temperatuur}$$

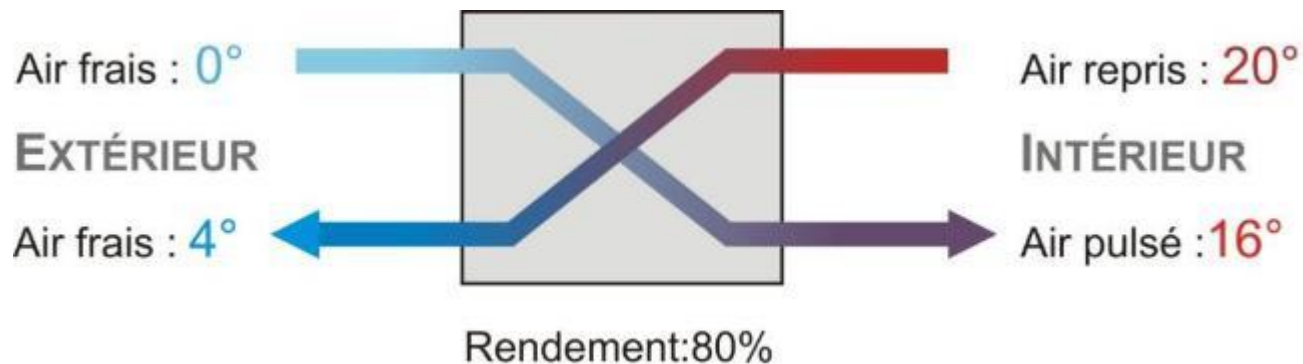
$$\eta_x = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} \Rightarrow \text{Voor de vochtigheid}$$



Verliezen door hygiënische ventilatie

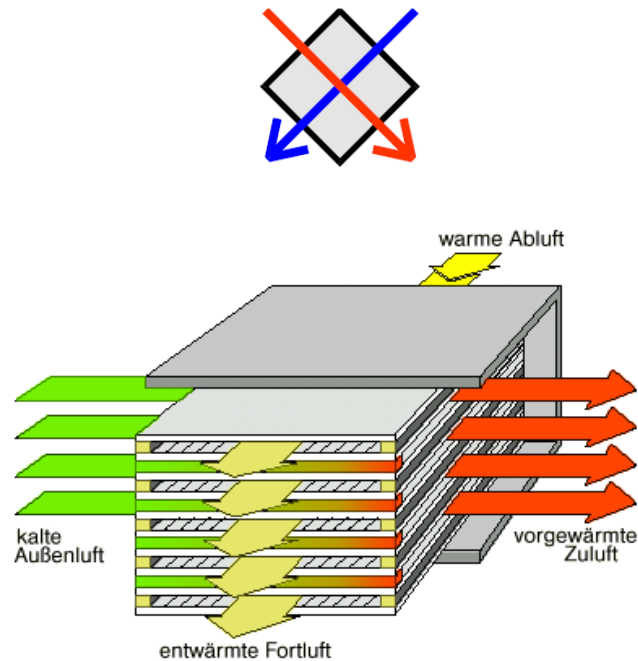
- ▶ Voorbeeld: woning met 300 m³/u bij een buitentemperatuur van 0°C
 - Zonder recuperatie: verliezen van **2024 W**
 - Met recuperatie: verliezen van **408 W**

⇒ **Verliezen gedeeld door 5!**



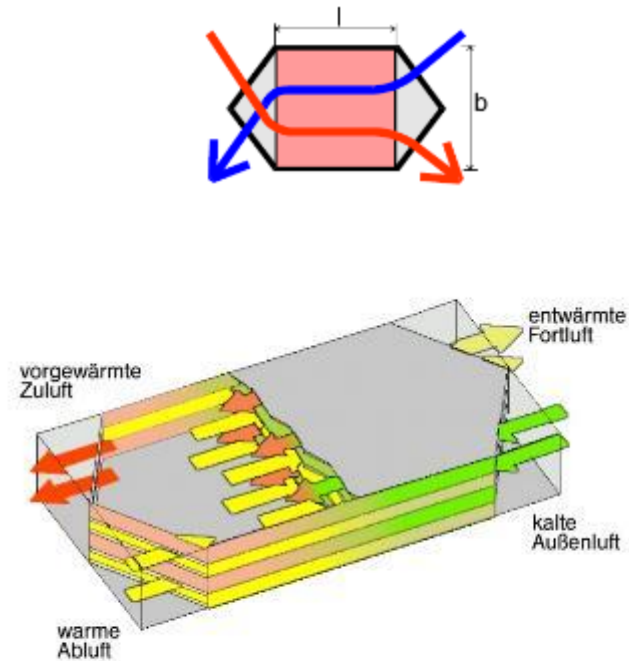
Warmtewisselaars type recuperator

Kruisstroom-platenwarmtewisselaar



$$\eta = 50 - 70 \%$$

Tegenstroom-platenwarmtewisselaar

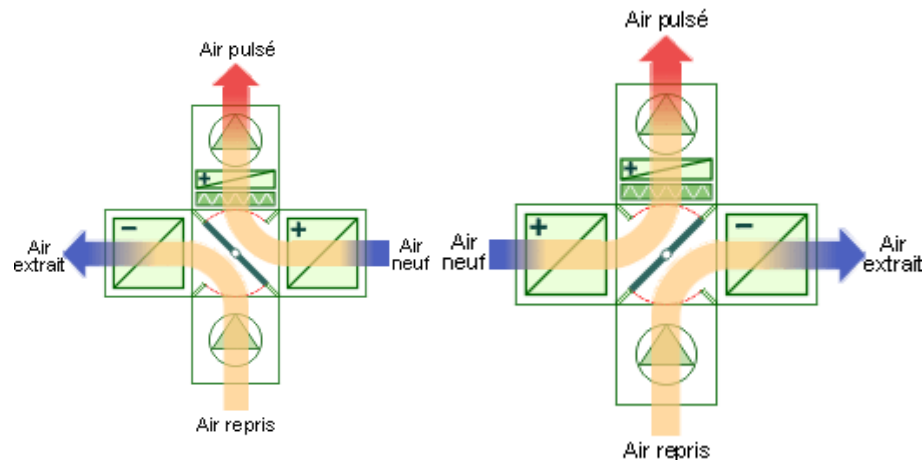


$$\eta = 80 - 90 \%$$



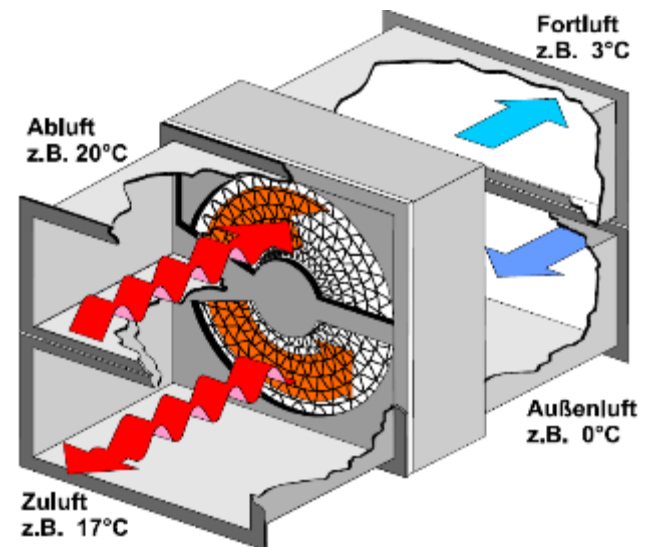
Warmtewisselaars type regenerator

(niet-)hygroscopische
statische warmtewisselaar type regenerator



$$\eta = 75 - 92 \%$$

(niet-)hygroscopische roterende
warmtewisselaar type regenerator



$$\eta = 70 - 80 \%$$



INLEIDING

- ▶ Uitdagingen
- ▶ Ongunstige opties
- ▶ Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- ▶ Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- ▶ Warmteterugwinning

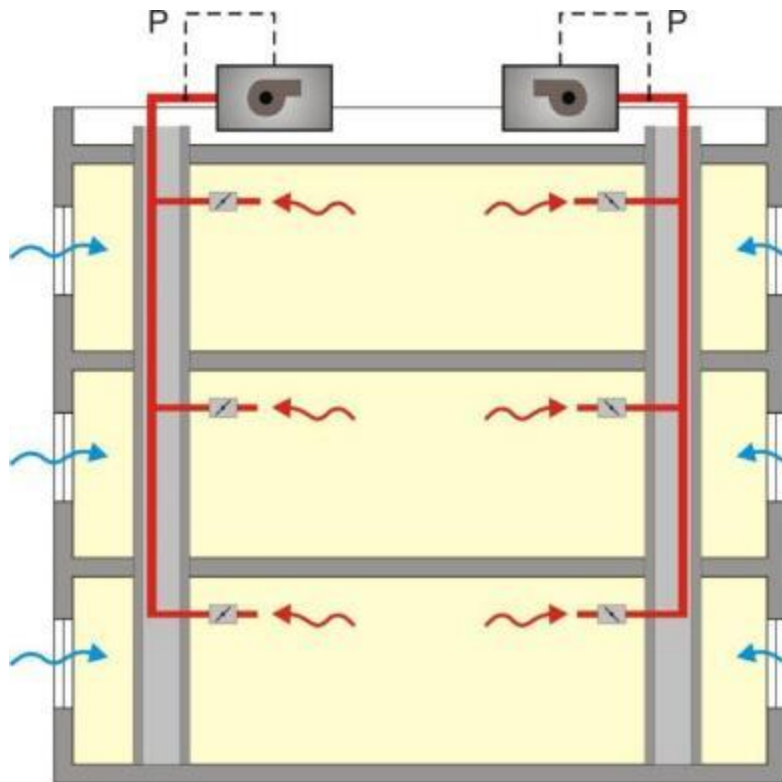
HET NET

- ▶ **Centralisatie/decentralisatie**
- ▶ Regeling

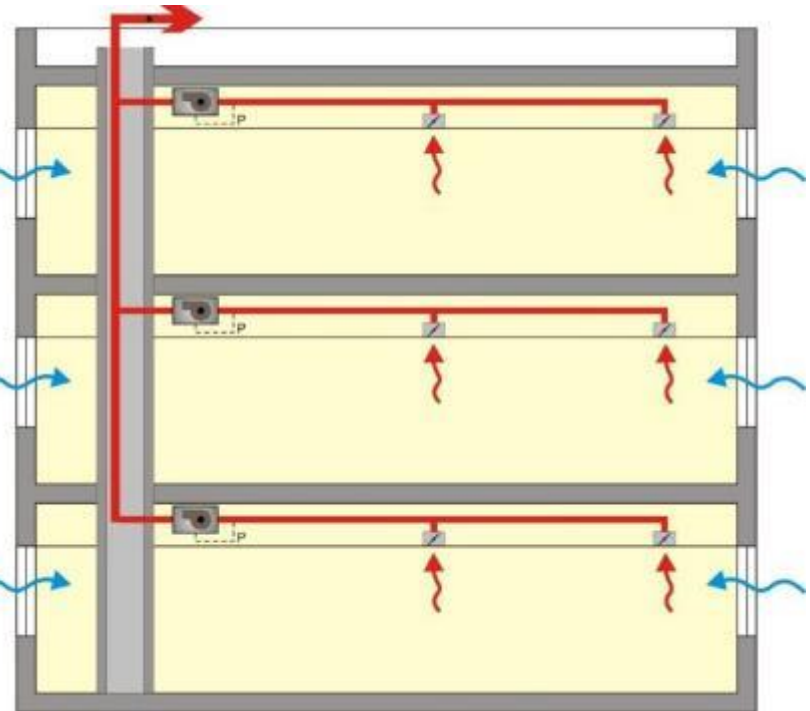


System C

Collectieve installatie

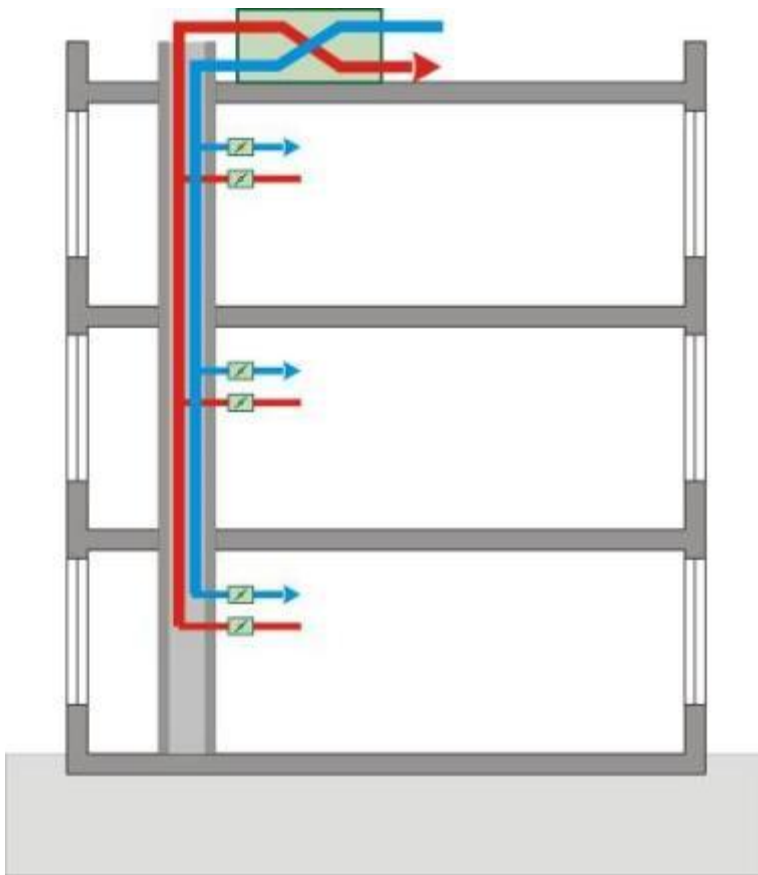


Individuele installaties

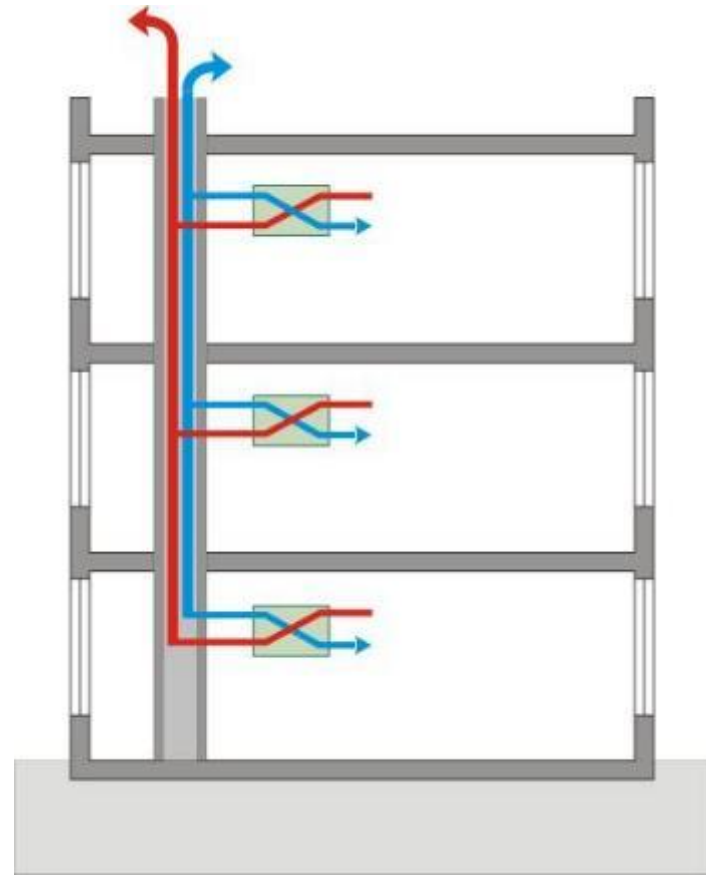


Systeem D

Collectieve installatie



Individuele installaties



INLEIDING

- ▶ Uitdagingen
- ▶ Ongunstige opties
- ▶ Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- ▶ Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- ▶ Warmteterugwinning

HET NET

- ▶ Centralisatie/decentralisatie
- ▶ **Regeling**

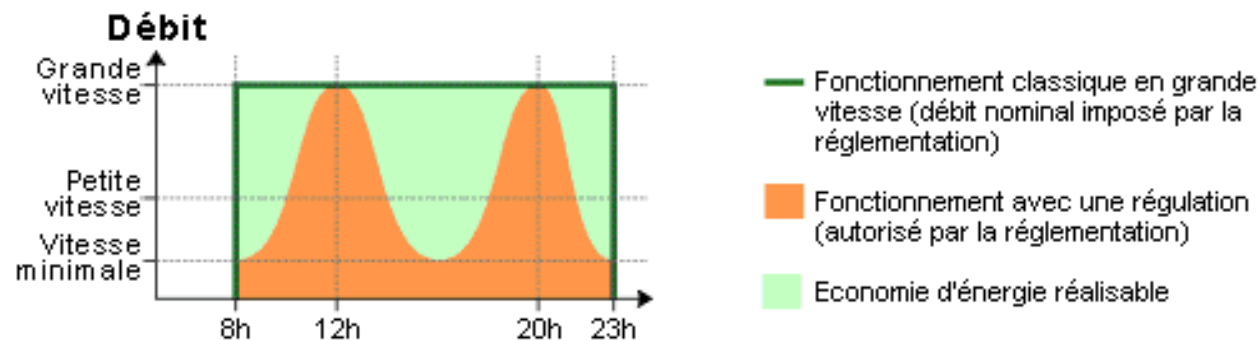


Hoe?

- ▶ Met een klok
- ▶ Volgens bezetting
- ▶ Met voelers en sensoren (luchtkwaliteit)

Waarom?

- ▶ Verlagen van het energieverbruik
 - Elektriciteitsverbruik van de groep $\searrow$
 - Energieverliezen door ventilatie $\searrow$



Bron: Energie +





- ▶ De ventilatie speelt een belangrijke rol op het niveau van comfort, en ook voor de gezondheid van de bewoners en het gebouw. Men moet er zo vroeg mogelijk in het project rekening mee houden.
- ▶ Ventilatie = energieverlies maar onmisbaar
- ▶ 4 systemen:
 - A: natuurlijke toevoer + natuurlijke afvoer
 - B: mechanische toevoer + natuurlijke afvoer
 - C: natuurlijke toevoer + mechanische afvoer
 - D: mechanische toevoer + mechanische afvoer
- ▶ De dubbelstroom mechanische ventilatie maakt het mogelijk de luchtkwaliteit te handhaven en tegelijk de debieten te beheersen en de energieverliezen te beperken door een warmtewisselaar





Gids duurzame gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Energie

[Dossier | Een energie-efficiënt ventilatiesysteem ontwerpen](#)



Websites

- ▶ [Energie+ | Ventilation double flux](#)
- ▶ [WTCB | Infofiches ventilatie van gebouwen](#)



Publicaties

- ▶ Norm NBN D50-001 (1): dimensionering (residentieel)
- ▶ Norm NBN EN 15251: gebruik en comfortcriteria (tertiair en residentieel)



Opleidingen

- ▶ Ventilatie: ontwerp en regeling



Julie RENAUX

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

